

Стохастические системы

© 2024 г. А.А. ГАЛЯЕВ, д-р техн. наук (galaev@ipu.ru),
Л.М. БЕРЛИН (berlin.lm@phystech.edu),
П.В. ЛЫСЕНКО, канд. физ.-мат. наук (pavellysen@ipu.ru),
В.Г. БАБИКОВ, канд. физ.-мат. наук (vl.babikov@gmail.com)
(Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Москва)

ПОРЯДКОВЫЕ СТАТИСТИКИ НОРМИРОВАННОГО СПЕКТРАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ СЛАБЫХ СИГНАЛОВ В БЕЛОМ ШУМЕ¹

Развивается тематика предыдущих работ авторов, а именно исследуются порядковые статистики дискретного нормированного спектрального распределения аддитивного белого гауссовского шума для решения задачи обнаружения детерминированного сигнала в шумовой смеси с помощью информационных признаков. В данной работе не только устанавливается дополнительная связь между дискретным спектральным распределением статистики однооконной реализации белого шума, но и приводится новый результат, задающий формулы для точного вычисления математического ожидания и дисперсии нормированной порядковой статистики. На основе полученных аналитических результатов предложена новая формула вычисления спектральной сложности, а также уточнена уже известная. Теоретические результаты верифицированы статистическим численным моделированием.

Ключевые слова: порядковые статистики, обработка сигналов, преобразование Фурье, обнаружение сигналов в шуме.

DOI: 10.31857/S0005231024120039, **EDN:** XUIHKR

1. Введение

Задачи обнаружения детерминированных, хаотических и случайных сигналов привлекают внимание исследователей со времен изучения космических объектов [1, 2]. Основная сложность решения подобных задач заключается в неизвестных свойствах и характеристиках наблюдаемого сигнала. Поэтому зачастую периодичность повторения сигнала во времени считается признаком появления детерминированного сигнала. В дальнейшем по результатам наблюдений производится накопление и усреднение принятой энергии, делается вывод о наличии или отсутствии искомого сигнала [3].

Статистические основы теории обнаружения и классификации сигналов в шуме были заложены в 50–60-е гг. XX в. [4]. Методы машинного обучения позволили, в свою очередь, решать задачи классификации, основываясь

¹ Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 23-19-00134).

16. Галляев А.А., Бабиков В.Г., Лысенко П.В., Берлин Л.М. Новая спектральная мера сложности и ее возможности по обнаружению сигналов в шуме // Докл. РАН. Математика, информатика, процессы управления. 2024. Т. 518. С. 80–88.
17. Richards M.A. The Discrete-Time Fourier Transform and Discrete Fourier Transform of Windowed Stationary White Noise // Technical Memorandum. 2013. P. 1–24.
18. DasGupta A. Probability for Statistics and Machine Learning: Fundamentals and Advanced Topics // New York: Springer, 2011.
<https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9634-3>
19. Frigyik B., Kapila, A., Gupta M. Introduction to the Dirichlet Distribution and Related Processes // UWEE Technical Report Number UWEETR-2010-0006. 2010. P. 1–28.
20. Hafeez M., Kamal S., Shahbaz M. The Multivariate Order Statistics for Exponential and Weibull Distributions // Pak. J. Stat. Oper. Res. 2014. V. 10. P. 361–368.
<https://doi.org/10.18187/pjsor.v10i3.825>

Статья представлена к публикации членом редколлегии Б.М. Миллером.

Поступила в редакцию 08.09.2024

После доработки 08.10.2024

Принята к публикации 24.10.2024